

ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDN による優先度制御手法

SDN Based Priority Control Method Considering Data Attributes for Home Network

国本 典晟 / Tensei Kunimoto

1 はじめに

近年、画像や動画などの大容量データの需要が急速に拡大し、インターネットの多くの帯域を占めるようになってきている。また、IoT デバイスの増加とスマートホームの技術の進歩に伴い、ホームネットワークに接続するデバイスは増加し、ホームネットワークの内部および外部のインターネットの帯域の使用が増えることが予想される。一方、現在のインターネットサービスプロバイダは、各家庭の総帯域を契約した帯域の範囲内で制御しており、要求される帯域が契約した帯域を上回る場合、特定アプリケーションやユーザの帯域を制御することで、ネットワーク全体の品質確保に努めている。しかし、そのような帯域制御は多様なサービスやデータの特性を十分に考慮したものではないため、インターネットの需要の拡大に伴う帯域の逼迫に対応できず、ホームネットワークの通信の QoS 要件を著しく損なう可能性が危惧されている。

この問題の解決を目指して、ホームネットワークの QoS 要件を満たすよう、SDN を用いて通信制御を行うネットワークアーキテクチャの研究が行われている。しかし、限られた帯域内で全てのホームネットワークのサービスの QoS 要件を満たすことは不可能であるため、サービスに優先度を設けて通信制御を行う必要がある。本研究では、ホームネットワークの通信のデータ特性を考慮し、サービスの優先度制御を行う手法を提案する。

2 関連研究

2.1 QoS Class Identifier (QCI) の再定義

Jang らは、何千ものスマートホームサービスを公平性、遅延、サービス優先度を考慮してスケジューリングするために、3GPP Long Term Evolution が定義した QCI を表 1 に示すように再定義し、スマートホームサービスを 8 種類に集約し、優先度を設定した [1]。

2.2 AQRA

Deng らは、スマートホームサービスの複数の QoS 要件を満たすためのアルゴリズムとして、Application-aware QoS Routing Algorithm (AQRA) を提案した [2]。AQRA では、表 1 を用いてサービスを高優先度クラス (Priority : 1~3)、中優先度クラス (Priority : 2~5)、低優先度クラス

表 1 スマートホームサービス向けに再定義された QCI

QCI	Priority	Device type	Resource Type	Packet Delay Budget	Packet Error Loss	Example Services
1	2	Non-M2M	GBR	100ms	10^{-2}	Conversational voice
2	3	Non-M2M	GBR	50ms	10^{-3}	Real time gaming
3	4	Non-M2M	GBR	150ms	10^{-3}	Conversational video
4	5	Non-M2M	GBR	300ms	10^{-6}	Non-conversational video (Buffered streaming)
5	1	M2M	Non-GBR	60ms	10^{-6}	Mission critical delay sensitive data transfer
6	6	Non-M2M	Non-GBR	300ms	10^{-6}	Video (Buffered streaming) TCP-based (for example, www, email, chat, ftp, p2p and the like)
7	7	Non-M2M	Non-GBR	100ms	10^{-3}	Voice, Video (Live streaming), Interactive gaming
8	8	M2M	Non-GBR	N/A	10^{-6}	Non mission critical delay insensitive data transfer

(Priority : 6~8) の 3 つに分類し、高優先度クラスの QoS 要件を満たすためにアドミッション制御を行った。高優先度クラスの QoS 要件が満たされない時、低優先度クラスまたは中優先度クラスに属するフローを、高優先度クラスのフローの QoS 要件が満たされるまでドロップする。ドロップされるフローは、使用帯域率が高いリンクを使用しているフローの中から、優先度を基準として選ばれる。アドミッション制御により、中優先度クラスおよび低優先度クラスの QoS 要件を満たすフロー数は減少したが、高優先度クラスのフローの QoS 要件は 100 % 満たされた。

3 提案手法

3.1 概要

AQRA で提案されたアドミッション制御では、中優先度クラス内および低優先度クラス内のフローはそれぞれ区別なくドロップの対象として選ばれていた。しかし、AQRA の優先度の分類は、サービスのリアルタイム性を十分に考慮できていない。例えば、中優先度クラスに属する Non-conversational video (Buffered Streaming) (QCI=4) のフローがドロップされてもユーザが一時的に映像が見れ

なくなるだけであるが、同じく中優先度クラスに属する Conversational video (QCI=3) のフローがドロップされると、ユーザ間の通話が途切れるといったことが起こる。本研究では、サービスの優先度を、サービス自体の重要性や QoS 要件に加えて、ドロップされた場合のリアルタイム性に関する影響を考慮して分類する。さらに、再定義した分類に依拠しつつも最低限の公平性を保つアドミッション制御を提案する。

3.2 優先度の分類

表 1 をもとに、以下のようにサービスの優先度を分類する。

- [Cat1] : QCI=5
- [Cat2] : QCI=1~3
- [Cat3] : QCI=4, 7
- [Cat4] : QCI=6, 8

[Cat1] は最も優先度が高いカテゴリで、QCI=5 のサービスが該当する。これは侵入者センサや火災報知器などの緊急性の高い情報を生成するデバイスであり、通常あまり帯域を消費しない。[Cat2] は音声通話や Web 会議など、複数のユーザが参加するリアルタイム性の高いサービスである。[Cat3] は録画された、あるいは配信されている映像などである。[Cat2] と比較してリアルタイム性が低いため、優先度が [Cat2] よりも低い。[Cat4] は Web サイトなどの TCP による通信や、室温センサなどの緊急性が低く帯域もあまり消費しないサービスである。遅延やドロップの影響が最も小さいため、優先度は最も低い。

3.3 アドミッション制御

[Cat1] の QoS 要件を満たすため、[Cat2], [Cat3], [Cat4] のフローをドロップする。基本的には、優先度の低いカテゴリのフローからドロップするが、優先度のみでドロップするフローを選択すると [Cat4] のフローばかりドロップされ、飢餓状態に陥る危険がある。飢餓状態を回避するために、フロー毎にドロップされた回数 (dc) とドロップされる確率 (dp) を記録する。dc が増加するにつれて dp を下げることで、同じフローが連続してドロップされるのを防ぐ。フローの Packet_In メッセージが受信されると、そのフローの dc を初期化する。アドミッション制御の手順を以下に示す。

1. [Cat1] のフローの QoS 要件が満たされない時、アドミッション制御が行われる
2. QoS 要件を満たしたい [Cat1] のフローの経路上の、最も帯域使用率の高いリンクを発見する
3. 2 のリンクを使用しているフローから、dp とカテゴリの優先度を用いてドロップするフローを選択する
4. ドロップされたフローの dc を増やす

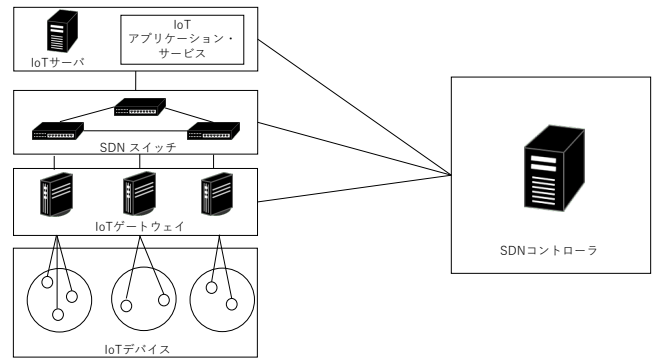


図1 ネットワークトポロジ

5. [Cat1] のフローの QoS 要件が満たされているか確認し、されていない場合は2に戻る

4 評価

提案手法の評価にあたり、Mininet を用いてネットワークトポロジを図 1 のように構築し、SDN コントローラに Ryu を用いて優先度制御を実装する。IoT デバイスは第 3.2 章に示した 4 種類の IoT サービスの通信を行う。SDN コントローラは IoT ゲートウェイ、SDN スイッチ、IoT サーバに接続している。SDN コントローラは IoT サーバからサービスの QCI を受け取り、IoT ゲートウェイから Packet_In メッセージを受け取ると、フローの経路を決定し SDN スイッチと IoT ゲートウェイに経路情報を送信する。その後必要に応じて優先度制御を行い、IoT ゲートウェイにアドミッション制御を指示する。

提案手法の有効性を検証するため、各カテゴリのスループット、遅延、ジッタ、パケットロス率を測定し、AQRA のアドミッション制御との比較を行う。また、各カテゴリのドロップ間隔を分析し、サービスへの影響を考察する。

5 まとめ

本研究では、ホームネットワークのサービスを重要度や QoS 要件、リアルタイム性から 4 つの優先度に分類し、アドミッション制御を行う。リアルタイム性に着目することで、ドロップされた際のサービスへの影響を軽減した優先度制御を実現する。各カテゴリの通信性能とドロップ間隔を測定し、サービスへの影響を考察し、提案手法の有効性を検証する。

参考文献

- [1] Hung-Chin Jang, Chi-Wei Huang and Fu-Ku Yeh. Design A Bandwidth Allocation Framework for SDN Based Smart Home. 2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), pp. 1-6, 2016.
- [2] Guo-Cin Deng and Kuochen Wang. An Application-aware QoS Routing Algorithm for SDN-based IoT Networking. 2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp. 186-191, 2018.